La parola ai premi Nobel: Einstein, Feynman, Gamow

Francesco Vissani

dic. 2019 / n. 2

Quaderni di Cultura Scientifica

La parola ai premi Nobel: Einstein, Feynman, Gamow

Francesco Vissani

Laboratori Nazionali del Gran Sasso &
Gran Sasso Science Institute

2° QUADERNO - PESCARA, 2019

In questo quaderno troverete raccolti alcuni testi di tre scienziati moderni, i primi due vincitori di premi Nobel in fisica e l'ultimo incluso in loro compagnia per gli indiscutibili meriti scientifici. Anche se i nomi sono ben noti non capita frequentemente di leggere i loro scritti, se non in forma di frasette fuori contesto. Tuttavia, accedere direttamente al loro pensiero ci aiuta a capire meglio la storia - la loro, e la nostra - e a superare gli effetti del culto della personalità, caratteristici del cosiddetto *star system*.

La prima testimonianza è un intervista che Einstein rilasciò a Berlino nel 1929, al culmine della sua celebrità; l'intervistatore era un giornalista statunitense di origini tedesche, che sarebbe diventato da lì a pochi anni un sostenitore di Hitler. La seconda è una bellissima prolusione di Feynman, offerta ad un congresso di insegnanti. Gli ultimi due brani, brevi ma molto incisivi, son tratti dall'autobiografia di George Gamow.

Questi tre scienziati sono accomunati, tra l'altro, per avere scritto libri di letteratura di divulgazione scientifica tra i più belli e utili mai apparsi, anche se non sempre facilmente reperibili.

Sommario

1 L'intervista di Einstein a Viereck (1929) 4
1.1 Un insegnante nato 6
1.2 Tempo nello spazio 8
1.3 Il suo rifugio nell'attico 13
1.4 La nostra democrazia intellettuale 15
1.5 I grandi contemporanei 18
1.6 Possiamo fare quello che vogliamo, ma – . . 21
1.7 I pericoli dell'analisi 23
1.8 Il morbillo dell'umanità 27
1.9 Il pericolo della standardizzazione 29
1.10 La signora Einstein in guardia 32

2 Cos'è la scienza? di Richard Feynman (1966) 34
2.1 Saluto di Feynman ai presenti 35

2.2 Il carattere di questo discorso 37
2.3 Approccio alla discussione 38
2.4 Cos'è la matematica 40
2.5 Le esperienze e cosa ne impariamo 44
2.6 Nomi e conoscenza 45
2.7 L'energia e i libri di scuola 47
2.8 Il metodo di indagine 50
2.9 La meraviglia, la pazienza 53
2.10 I problemi della meccanica quantistica 56
2.11 Conoscenza e razza umana 57
2.12 Il valore della scienza 59
2.13 Un appello agli insegnanti 62

3 Due brani di Gamow (1970) 65
3.1 L'atmosfera culturale durante lo stalinismo . . 66
3.2 Divulgazione, storia, ironia 68

Ringraziamenti 70

Riferimenti bibliografici 71

Indice delle persone 75

Capitolo 1

L'intervista di Einstein a Viereck

Il 26 ottobre 1929, su "The Saturday Evening Post" venne pubblicata una famosa intervista ad Albert Einstein. Essendo di interesse storico (e non solo) vorrei presentare la sua traduzione, basata sulla versione pubblicata [1].

Vari aspetti sono degni di nota (oltre al contenuto, si intende): il momento in cui è stata pubblicata - il periodo tra le due guerre - la personalità dell'intervistatore - George Sylvester Viereck - alcuni errori di prospettiva - visibili a posteriori - e infine, anche lo specifico contributo alla creazione del mito.

(Approfitto per segnalare un recente ed interessante libro, che ricostruisce il periodo nel quale la teoria di Einstein incontra il successo e si conclude un secolo fa con la definitiva prova della della relatività generale [2].)

RELATIVITÀ! Quale parola è più simbolica dell'epoca? Abbiamo smesso di avere un atteggiamento positivista rispetto a ogni cosa. Guardiamo tutte le cose alla luce della relatività. La relatività è diventata il gioco del salotto da filosofo.

C'è qualche riferimento che non è stato messo in discussione nel mondo del dopoguerra? C'è qualche sistema assoluto di etica, di economia o di diritto, la cui stabilità o permanenza non sia stata attaccata in un modo o nell'altro? Può esserci un valore permanente o una verità assoluta in un mondo in cui i tre angoli del triangolo hanno cessato di essere uguali a due angoli retti - in un mondo in cui il tempo stesso ha perso il suo significato, in cui l'infinito diventa finito, e il finito si perde nell'infinito?

Einstein si rifiuta di sponsorizzare nuove teorie che traggono la loro giustificazione dall'attacco da lui stesso condotto alle certezze della matematica. La sua voce è dolce come il rintocco di una campana, ma le sue parole sono dure, nel momento in cui infrange con una singola frase ogni applicazione avventata del termine "relatività" alla filosofia e alla vita.

"Il significato di relatività", ha detto, "è stato ampiamente frainteso. I filosofi giocano con la parola, come bambini con una bambola. La relatività, a mio avviso, denota semplice-

mente che certi fatti fisici e meccanici, che sono stati considerati positivi e permanenti, sono relativi rispetto ad altri fatti della fisica e della meccanica. Ciò non significa che tutto nella vita è relativo e che abbiamo il diritto di ribaltare il mondo intero."

Ora mi sono ricordato che alcuni anni fa, quando ho incontrato per la prima volta Einstein a New York, egli aveva resistito con enfasi a chi insisteva che fosse un filosofo. "Io sono," disse, "esclusivamente un fisico." Nonostante queste smentite, Einstein si trova in un rapporto quasi simbolico con la nostra epoca - un'epoca caratterizzata da una rivolta contro l'assoluto in ogni sfera della scienza e del pensiero. È un uomo del suo tempo, anche se rifugge dalla metafisica.

1.1 Un insegnante nato

Come Napoleone, come Mussolini, Albert Einstein ha la particolarità di essere diventato una figura quasi leggendaria durante la sua stessa vita. Nessun uomo dall'epoca di Copernico, Galileo e Newton ha apportato cambiamenti più fondamentali al nostro atteggiamento verso l'universo. L'universo di Einstein ha estensione finita. Visto attraverso gli occhi di Einstein, lo spazio e il tempo sono termini quasi intercambiabili. Il tempo appare avviluppato come una quarta dimensione. Lo spazio, una volta indefinibile, ha assunto la forma di una sfera. Einstein ci ha insegnato che la luce viaggia in linee curve. Tutti questi fatti sono dedotti dalla teoria della relatività avanzata

da Einstein nel 1915.

Con l'avvento di Einstein, la matematica ha cessato di essere una scienza esatta al modo di Euclide. La nuova matematica apparve nel bel mezzo della guerra mondiale.

Non è impossibile che nell'evoluzione del pensiero umano la scoperta di Einstein possa avere un ruolo maggiore della Grande Guerra. La sua fama può sopravvivere a quella di Foch e Ludendorff, di Wilson e di Clemenceau.

Einstein, nelle parole del suo collega preferito, Erwin Schrödinger, spiega le leggi fondamentali della meccanica come proporzioni geometriche dello spazio e del tempo.

Non tenterò di esporre questa affermazione. Si dice che solo dieci uomini capiscano la teoria della relatività di Einstein.

La pazienza di Einstein è infinita. Gli piace spiegare le sue teorie. Insegnante eccellente, Einstein non si risente delle domande. Ama i bambini. Il figlio decenne di un amico era convinto di aver scoperto il segreto del moto perpetuo. Einstein gli spiegò minuziosamente il problema dei suoi calcoli.

Ogni volta che si presenta una domanda riguardo ad un difficile problema matematico, Einstein prende immediatamente la sua matita e copre pagine e pagine di equazioni complicate. Non fa riferimento ad alcun un libro di testo, ma elabora immediatamente tali formule. Spesso la formula così ottenuta è più chiara, più comprensibile e più perfetta dell'equazione che si trova nei libri di testo.

1.2 Tempo nello spazio

Recentemente qualcuno gli ha parlato della fotografia a colori. Einstein ha immediatamente impresso l'argomento nella sua mente. Ha studiato la macchina fotografica, ha fatto vari calcoli, e prima che la serata fosse finita, aveva sviluppato un nuovo metodo per la fotografia a colori.

Trova difficile spiegare le sue teorie quando scrive un articolo per il consumo popolare. Ma quando il profano espone gli abissi della sua ignoranza faccia a faccia con Einstein, il grande matematico riesce di solito a colmare il baratro con un'immagine ben scelta. Parlando con lui, ho intuito in un lampo non solo una quarta dimensione ma numerose altre. Infiammato d'orgoglio per quello che avevo fatto, ho scarabocchiato una frase qua e là, ma in seguito i miei appunti sono risultati difficili da interpretare, come la rete fantastica di un sogno.

"Come posso avere almeno una pallida idea della quarta dimensione?

"Immaginate", rispose Einstein, leggermente inclinato in testa con la corona di capelli bianchi e ricci, "una scena in uno spazio bidimensionale - per esempio, la pittura di un uomo sdraiato su una panchina. Un albero si trova accanto alla panchina. Immaginate allora che l'uomo cammini dalla panchina a una roccia dall'altra parte dell'albero. Non può raggiungere la roccia se non camminando davanti o dietro l'albero. Questo è impossibile in uno spazio bidimensionale. Può raggiungere la roccia solo per mezzo di un'escursione nella terza

dimensione."

"Ora immaginate un altro uomo seduto sulla panchina. Come ci è arrivato? Poiché due corpi non possono occupare lo stesso posto nello stesso momento, egli può essere arrivato lì solo prima o dopo che il primo uomo si è spostato. Deve essersi mosso nel tempo. In modo simile è possibile spiegare cinque, sei e più dimensioni. Molti problemi della matematica sono semplificati assumendo l'esistenza di più dimensioni."

Ho cercato di ottenere una spiegazione della quinta dimensione. Mi spiace ammettere che non ricordo chiaramente la risposta. Einstein ha menzionato qualcosa su una palla lanciata, che potrebbe scomparire in uno dei due fori. Uno di questi fori era il quinto, l'altro la sesta dimensione.

Trovo più facile capire la scoperta di Einstein, promulgata nel 1929, che spiega l'universo in termini di elettromagnetismo. Ma, purtroppo, Einstein non è ancora completamente riuscito a convincere se stesso. Egli non considera le sei pagine che hanno spaventato il mondo (pagine immediatamente trasmesse in facsimile attraverso l'etere) come una conclusione finale.

Per giungere alla sua conclusione, era necessario che Einstein esprimesse la gravità in termini di elettricità. La formula necessaria a questo scopo è così complessa, che per spiegarne il significato fu costretto a creare un nuovo sistema di matematica avanzata.

Il nuovo sistema di Einstein riconcilia Euclide con Riemann. Ripristina l'esistenza delle linee parallele, che Riemann aveva

abolito.

Secondo Riemann, non ci possono essere linee parallele in un universo curvo. Einstein ha riscoperto linee parallele con l'aiuto della quarta dimensione. Non chiedetemi di spiegare in dettaglio il processo. È una cosa che si può raccontare in una serie di intricate equazioni che nessun essere umano, nemmeno Einstein stesso, può visualizzare.

"Nessun uomo", come mi disse Einstein, seduto comodamente sul divano del salotto della sua casa berlinese, "può visualizzare quattro dimensioni, se non matematicamente. Non possiamo visualizzare nemmeno le tre dimensioni."

"Ma almeno tu", ho chiesto, "pensi in quattro dimensioni?"

"Penso in quattro dimensioni", rispose, "ma solo astrattamente. La mente umana non può immaginare le quattro dimensioni più di quanto possa prevedere l'elettricità. Tuttavia, queste dimensioni non sono meno reali dell'elettromagnetismo, la forza che controlla il nostro universo, all'interno e per mezzo del quale abbiamo il nostro essere."

"Sono particolarmente interessato alla tua nuova teoria che dimostra che la gravità e l'elettricità sono una cosa sola. Sicuramente nessun gruppo di sei pagine, precedentemente scritte dalla mano di uno studioso, ha tanto rivoluzionato il pensiero umano."

"Purtroppo - ha osservato Einstein - con un sorriso, che ha dato un tocco di birboncello al suo volto - la mia ultima teoria è solo un'ipotesi che rimane da provare. È diversa con la mia teoria della relatività, che è stata confermata da mol-

ti investigatori indipendenti e che ora può essere considerata definitivamente affermata."

Ancora un sorriso giocato sul suo volto, che striscia dagli occhi verso la guancia, e scompare nei suoi baffi, di colore leggermente più scuro della massa intricata di capelli in testa.

La signora Einstein, sua moglie e sua cugina, così come la sua compagna, riempie i nostri bicchieri di succo di fragola e versa un po' di macedonia nei nostri piatti. Einstein non prende mai alcool in nessuna forma, ma non può resistere alla tentazione del tabacco. Fuma più sigarette di quanto dovrebbe, con il senso di colpa di uno studente alle prese col suo primo sigaro. Mi ha entusiasmato condividere un succo di fragola e una macedonia con l'uomo il cui nome è sulle labbra di tutti ma del quale quasi nessuno riesce a capire i pensieri.

Lo stretto rapporto tra Einstein e la sua coniuge si esprime nella somiglianza delle loro fronti. I loro padri erano fratelli e le loro madri erano sorelle. "Io sono", disse tranquillamente la signora Einstein, "quasi tutto ciò che sia possibile essere con mio marito." La signora Einstein assomiglia a un ritratto di sua sorella, la signora Gumpertz, dipinto alcuni anni fa da Sir John Lavery, chiamato *La signora con lo Zibellino.*

Einstein è cresciuto con sua cugina. Erano amici fin dall'inizio. Quando il destino li ha separò da giovani, Einstein sposò una brillante matematica, originaria della Serbia. Einstein ebbe due figli dalla sua prima moglie. Anche la sua compagna d'infanzia, l'attuale signora Einstein, si è sposò e divenne ma-

dre. Suo marito morì dopo alcuni anni di matrimonio; poi qualche forza, più grande di quelle che il professor Einstein cattura nelle sue equazioni dinamiche, avvicinò ancora una volta i due cugini. Albert Einstein ottenne il divorzio dalla moglie e sposò la cugina rimasta vedova. Forse è un errore per un fisico sposare un matematico. Come ha osservato una volta James Huneker, non c'è posto in una famiglia per due primedonne.

La tempesta emotiva e le tensioni di questo periodo hanno lasciato il segno sul carattere di Einstein e nel suo cuore. I rapporti di Einstein con la sua ex moglie sono ancora amichevoli. Einstein è profondamente interessato ai figli del suo primo matrimonio, e ha adottato come propri i figli nati dalla prima unione di sua cugina.

Uno dei suoi commentatori, Alexander Moszkowski, definisce Einstein una sfinge maschio. Quando Einstein parla, il suo volto animato ricorda un po' Briand, tranne per il fatto che che i suoi tratti sono più raffinati e più intellettuali. Se Briand difende l'idea di una unione Pan-Europea, la visione di Einstein giunge ad abbracciare il mondo intero.

Le lotte di Einstein col destino non hanno lasciato alcuna amarezza nella sua lingua. Ogni linea del suo viso esprime gentilezza. E parla anche di un orgoglio indomito. Alcuni amici e ammiratori hanno saputo che aveva deciso di costruire una casa estiva con i suoi risparmi duramente guadagnati. Gli offrirono allora un principesco dono di un terreno. Ma Einstein scosse la testa. "No", disse, "potrei accettare un regalo da una comunità. Non posso accettare un tale dono da una perso-

na. Ogni regalo che accettiamo ci vincola. A volte," aggiunge con saggezza talmudica, "si paga di più per le cose che si ottengono per niente."

1.3 Il suo rifugio nell'attico

Sebbene sia lo scienziato più noto del mondo, Einstein si rifiuta assolutamente di prendere vantaggi dalla sua reputazione. Ha riso quando gli è stato chiesto di pubblicizzare una marca di sigarette americane. Il denaro offerto avrebbe pagato le spese della sua casa estiva. Sapendo che la sua fama lo distingue dagli altri, sente il dovere di preservare a tutti i costi l'integrità della sua anima.

Egli sfugge alle interviste con ogni mezzo possibile. La sua timidezza detta legge e sua moglie è complice del suo isolamento. Incapace di controllare la valanga di offerte e richieste che lo travolgono, lascia senza risposta la maggior parte delle lettere, anche di personaggi celebri.

Ma non ignora mai nemmeno la più piccola nota di un amico. Ha rifiutato offerte principesche di sfruttare le sue teorie e la sua vita per scrivere un libro per le masse. "Mi rifiuto", ripete, "di fare soldi con la mia scienza. Il mio alloro non è in vendita come una balla di cotone."

Non tutti sanno che il professor Einstein non solo è un esperto delle branche della matematica più avanzata, ma si diletta in modo speciale di risolvere problemi tecnici, quelli devono affrontare il costruttore di macchine e l'elettricista. La sua

mente arriva quasi istintivamente a conclusioni che sfuggono al normale ingegnere.

La sua formazione per questo tipo di lavori pratici è dovuta al fatto che è stato per diversi anni consulente dell'Ufficio svizzero dei brevetti. È grazie a questo tipo di lavoro che Einstein ha accumulato una modesta fortuna, quella che gli permette di costruirsi una casa senza dover contare sulla munificenza della città di Berlino.

Einstein risolve i problemi matematici e tecnici che gli vengono sottoposti nella solitudine dell'attico, all'ultimo piano dell'appartamento in Haber-landstraße dove vive. Ha arredato la piccola soffitta esclusivamente con i mobili piuttosto semplici, che acquistò molti anni fa con il suo primo stipendio.

Nel rifugio segreto di Einstein, mi aspettavo di trovare utensili raffinati e rari tomi. Non mi sarei sorpreso se la sua tana fosse assomigliata al laboratorio di un mago medievale. Ero destinato alla delusione. Einstein non emula il dottor Faust. Ci sono alcuni libri, e qualche immagine: Faraday, Maxwell, Newton. Non ho visto né cerchi, né triangoli. L'unico strumento di Einstein è la testa. Non ha bisogno di libri. Il suo cervello è la sua biblioteca.

Dalla sua scrivania Einstein vede solo tetti - un oceano di tetti - e il cielo. Qui, egli è solo con le sue speculazioni. Qui, come Pallade Atena, son germogliate le teorie che hanno rivoluzionato la scienza moderna. Qui, nessuna interferenza umana impedisce la fuga dei suoi pensieri. Nenche sua moglie entra in questo sancta sanctorum senza un senso di trepidazione.

Albert Einstein non si seppellisce nei suoi studi. Fisicamente non è affatto un mollaccione. Ama gli sport acquatici. Il suo svago preferito è una barca a vela con tutti i moderni accorgimenti tecnici, con la quale si diverte nei laghi e fiumi vicini alla sua casa di campagna, a Caputh.

Un asciugamano, fantasticamente avvolto intorno alla testa, lo fa sembrare un pirata più che un professore di una grande università, quando lotta col vento, dimenticando la relatività e la quarta dimensione. Quando gli spruzzi d'acqua luccicano nell'argento dei suoi capelli e il sole accarezza i suoi tratti di cherubino, i suoi pensieri sono lontani dallo spazio temporale curvo.

1.4 La nostra democrazia intellettuale

Pensatore speculativo, ingegnere pratico, sportivo e artista, Einstein si avvicina all'ideale greco dello sviluppo armonioso della persona. Quando non naviga sulla sua barca, o vaga nello spazio quadridimensionale, Einstein si diverte con il suo violino.

Mentre aspettavo alla porta del suo appartamento, mi parve di sentire accenni di musica elfica. Forse era Einstein a suonare. Quando entrai, stava avvolgendo il violino per la notte, come una madre che mette a riposare il suo piccino.

Il professor Einstein sembra un musicista più che un mate-

matico. "Se", mi ha confessato, con un sorriso che per metà parlava di malinconia e per metà di scusa, "Non fossi un fisico, probabilmente sarei un musicista. Spesso penso in termini musicali. Vivo sogni ad occhi aperti in musica. Vedo la mia vita come vedo la musica."

"Forse", osservai, "se avessi scelto di diventare un musicista, avresti superato Richard Strauss e Schönberg. Forse ci avresti regalato la musica delle sfere o quella di una quarta dimensione."

Einstein guardò sognante - era negli angoli più remoti della stanza, o era nello spazio, quello spazio che i suoi studi hanno rubato all'infinito? "Non so dirti", rispose, "se avrei fatto un lavoro creativo di qualche importanza, ma so che traggo dal mio violino la maggior gioia nella vita."

È un dato di fatto, il gusto della musica di Einstein è severamente classico. Perfino Wagner non è per lui una festa per le orecchie. Adora Mozart e Bach. Preferisce il loro lavoro, persino alla architettura musicale di Beethoven.

Il presidente Hindenburg non appare quasi mai in pubblico, perché viene immediatamente riconosciuto ovunque vada. Per lo stesso motivo, il professor Einstein rifiuta tutti gli inviti ai ristoranti più famosi. Sebbene la sua fama lo costringa a cercare l'isolamento, è un essere socievole. Adora chiacchierare tranquillamente a tavola, con amici come Gerhart Hauptmann o il professor Schrödinger. Legge poco. La narrativa moderna non lo seduce.

Anche nella scienza si limita in gran parte al suo speciale cam-

po di ricerca. "Leggere dopo una certa età distoglie troppo la mente dalle sue ricerche creative. Ogni uomo che legge troppo e che usa troppo poco il proprio cervello cade in pigre abitudini mentali, proprio come l'uomo che trascorre troppo tempo a teatro è tentato di vivere per interposta persona, invece di vivere la propria vita."

Nel suo campo di ricerca, Einstein segue con vivo interesse ogni nuovo sviluppo. Ha il dono di leggere a colpo d'occhio un'intera pagina di equazioni. Einstein può padroneggiare un nuovo sistema di matematica in mezz'ora.

"Chi", gli ho chiesto, "sono i tuoi più grandi contemporanei?"

"Non posso rispondere a questa domanda", rispose Einstein, con gli occhi che luccicavano in modo umoristico, "senza finire a compilare una lista enciclopedica. Non posso nemmeno discutere in modo intelligente degli uomini che lavorano nel mio campo senza scrivere un libro.

"Il nostro tempo", ha aggiunto, "è gotico nel suo spirito. A differenza del Rinascimento, non è dominato da alcune personalità eccezionali. Il ventesimo secolo ha stabilito la democrazia intellettuale. Nella repubblica dell'arte e della scienza ci sono molti uomini che prendono parti importanti negli sviluppi intellettuali dei nostri giorni. È l'epoca piuttosto che l'individuo ad essere importante. Non esiste una personalità dominante come ai tempi di Galileo o di Newton. Anche nel diciannovesimo secolo c'erano ancora dei giganti che superavano tutti gli altri. Oggi il livello generale è molto più alto che

in ogni altro tempo nella storia del mondo, ma ci sono pochi uomini, la cui statura li distingue immediatamente da tutti gli altri."

"Chi consideri il più importante contributore al tuo campo di ricerca?"

1.5 I grandi contemporanei

"Non è giusto", ha risposto Einstein, "individuare singoli individui. In Germania, considero Schrödinger e Heisenberg di particolare importanza."

"Schrödinger?" Gli ho detto allora. "Cosa ha fatto?"

"Schrödinger ha scoperto la formula matematica per il fatto che tutto il mondo si muove in onde."

"Ed Heisenberg?"

"Heisenberg è un genio matematico che ha formulato una nuova definizione di grandezze matematiche. Poi c'è, ovviamente, Planck, l'esponente di primo piano della teoria quantistica."

Non ho chiesto ad Einstein di spiegare la teoria quantistica. So che è ancora più difficile da capire della relatività,

"Diresti che Eddington è il tuo interprete più geniale?"

"Eddington", mi ha risposto Einstein, "è un grande matematico, ma il suo risultato supremo è la sua scoperta della costituzione fisica delle stelle."

"C'è mica", ho chiesto modestamente. "Qualcuno in America la cui importanza è commisurabile con quella degli uomini di cui hai appena discusso?"

"In America," mi ha replicato Einstein a bassa volte, "più che altrove, il contributo dell'individuo si perde tra i risultati di molti.

L'America sta iniziando a essere il leader mondiale nelle indagini scientifiche. La scuola americana è paziente e stimolante. I tuoi connazionali hanno una devozione disinteressata alla scienza, che è esattamente l'opposto della comune visione europea.

Troppi di noi considerano gli americani come cacciatori di soldi. Questa è una calunnia, anche se viene spesso ripetuta con superficialità dagli stessi americani. Non è vero che il dollaro sia il feticcio degli americani.

Lo studente americano non è interessato ai dollari, e nemmeno al successo in quanto tale, ma al suo compito, all'oggetto della ricerca. È la sua scrupolosa applicazione allo studio dell'infinitamente piccolo e dell'infinitamente grande che spiega il suo successo nell'astronomia."

"Cosa", ho chiesto "sono stati i nostri risultati più straordinari nei tuoi campi?"

"L'America", ha risposto Einstein, "ha avuto particolare successo nell'accrescere la nostra conoscenza delle stelle. Anche in Olanda e altrove hanno contribuito in modo straordinario a questi studi."

"Gli americani", ha continuato Einstein, "sono idealisti. Wil-

son, nonostante il fallimento dei suoi Quattordici punti, è stato ispirato da ideali altissimi. L'America è entrata in guerra per motivi idealistici, anche se gli interessi esercitavano la massima pressione nella stessa direzione."

"Tendiamo" - e dicendolo Einstein inclinò leggermente la testa da un lato come un uccello - "a mettere eccessivamente in enfasi le influenze materiali della storia. I russi commettono questo errore in modo particolare. Valori intellettuali e influenze etniche, tradizione ed emozioni sono fattori ugualmente importanti. Se questo se non fosse così, l'Europa sarebbe oggi uno stato federato, non un manicomio di nazionalismi."

Nato nel 1879 ad Ulm, in Germania, ha studiato in parte in quella nazione, in parte in Italia e in parte in Svizzera. Cittadino svizzero e tedesco, Einstein considera le gelosie internazionali con la serenità con cui un insegnante guarda a due scolari che litigano. In politica, si avvicina al socialismo. Considera il pacifismo come il più alto ideale. Povero, ebreo, socialista e pacifista, Einstein portava quattro pesanti handicap come macine al collo. Einstein ha sconfitto tutti gli ostacoli, compresa la propria timidezza, con la pura forza della mente. Non rifiuta alcuna forma di governo tranne l'assolutismo. È tollerante, ma in nessun modo acritico, nel suo atteggiamento nei confronti della Russia.

"Quale è", gli ho chiesto, "il tuo atteggiamento verso il bolscevismo?"

"Il bolscevismo è un esperimento straordinario. Non è impos-

sibile che la prossima evoluzione sociale possa svolgersi nella direzione del comunismo. L'esperimento bolscevico potrebbe avere dei meriti. Ma penso che la Russia sbagli malamente nella realizzazione del suo ideale. I russi commettono l'errore di mettere la fede nel partito al di sopra dell'efficienza. Essi sostituiscono gli uomini capaci con dei politici. Il loro obiettivo principale nei confronti della cosa pubblica non è il raggiungere risultati, ma l'ottenere una devozione ad un rigido credo."

"Credete nella Repubblica Tedesca?."

"Indubbiamente. Il popolo ha il diritto di governare se stesso. Oggi, se non altro, gli errori che facciamo sono i nostri."

1.6 Possiamo fare quello che vogliamo, ma –

"Dai la colpa al Kaiser per la caduta della Germania?"

"Il Kaiser", ha risposto Einstein, "ragionava bene. Spesso aveva il giusto istinto. Le sue intuizioni erano spesso più ispirate dalle faticose valutazioni del suo Ministero degli Esteri. Purtroppo, il Kaiser era circondato da cattivi consiglieri."

"Mi sembra", ho aggiunto, "che in Germania ci siano due partiti. Uno dà la colpa al Kaiser per la sconfitta tedesca, l'altro cerca di scaricare la responsabilità sugli ebrei."

"Entrambi", ha osservato Einstein, "sono in gran parte senza

colpa. La debacle tedesca è dovuta al fatto che il popolo tedesco, specialmente le classi superiori, non è riuscito a produrre uomini di carattere, abbastanza forti da prendere le redini del governo e di dir la verità al Kaiser."

"Fu in parte" ha aggiunto con qualche esitazione Einstein "colpa di Bismarck: La filosofia di governo di Bismarck era sbagliata. Inoltre, non c'era nessuno che potesse riuscire a succedere ad un tale gigante.

Come molti uomini geniali, era troppo geloso dei suoi risultati per permettere a chiunque altro di seguire le sue orme. D'altro canto, non saprei dire se qualche altro uomo sarebbe riuscito a seguire il tortuoso cammino della politica bismarckiana."

"In un certo senso", ha aggiunto, "non possiamo ritenere nessuno responsabile. Sono un determinista. Come tale, non credo nel libero arbitrio. Gli ebrei credono nel libero arbitrio. Credono che l'uomo modelli la propria vita. Respingo filosoficamente questa dottrina. In questo senso, io non sono ebreo."

"Non credi che l'uomo sia un agente libero, almeno in qualche senso limitato?"

Einstein sorrise in modo grazioso. "Credo con Schopenhauer che possiamo fare ciò che vogliamo, ma possiamo desiderare solo ciò che dobbiamo fare. In pratica, tuttavia, sono costretto ad agire come se esistesse la libera volontà. Se voglio vivere in una comunità civile, devo agire come se l'uomo fosse un essere responsabile."

"So che filosoficamente un assassino non è responsabile del suo crimine; tuttavia, devo proteggermi da spiacevoli situazioni. Posso considerarlo innocente, ma preferisco non prendermi un tè con lui."

"Intendi dire che non hai scelto di fare quello che hai fatto, ma che le tue azioni invece son state guidate da qualche potere, fuori da te?"

1.7 Il pericolo di un atteggiamento eccessivamente analitico

"La mia carriera è stata senza dubbio determinata, non dalla mia volontà, ma da vari fattori sui quali non ho alcun controllo - principalmente, da quelle ghiandole misteriose in cui la Natura prepara l'essenza stessa della vita, le nostre interne secrezioni."

"Potrebbe interessarti sapere," ho interloquito, "che Henry Ford una volta mi disse che neanche lui si era ritagliato la propria vita, ma che tutte le sue azioni sono state determinate da una voce interiore."

"Ford", ha risposto Einstein, "può chiamarla la sua voce interiore. Socrate lo definiva il suo *daimon.* Noi moderni preferiamo parlare delle nostre ghiandole di secrezione interna. Ognuna di queste ipotesi illustra a modo suo il fatto innegabile che la volontà umana non è libera."

"Non ignori deliberatamente tutti i fattori psichici nello svi-

luppo umano? Ad esempio," ho chiesto, "quale è il tuo atteggiamento nei confronti del subconscio? Secondo Freud, gli eventi psichici registrati indelebilmente nella nostra mente inferiore marcano e tracciano le nostre vite."

"Mentre alcuni storici e filosofi materialisti trascurano le realtà psichiche, Freud è incline a sottolinearne l'importanza. Non sono uno psicologo, ma mi sembra abbastanza evidente che i fattori fisiologici, specialmente il nostro sistema endocrino, controllino il nostro destino."

"Allora non credi nella psicoanalisi?"

"Non sono in grado," ha risposto con modestia Einstein, "di avventurare un giudizio su una fase così importante del pensiero moderno. Tuttavia, mi sembra che la psicoanalisi non sia sempre salutare. Potrebbe non essere sempre utile approfondire lo studio del subconscio.

Il macchinario delle nostre gambe è controllato da cento diversi muscoli. Pensi che ci sarebbe utile se analizzassimo in ogni dettaglio le nostre gambe e riuscissimo a sapere esattamente quale piccolo muscolo deve essere impiegato nella locomozione, o conoscere l'ordine preciso in cui funzionano?"

"Forse," aggiunse col sorriso stravagante che a volte illumina le cupe pozze dei suoi occhi come un fuoco fatuo "ricorderai la storia del rospo e del millepiedi!

Il millepiedi era molto orgoglioso di avere tante gambe: il suo vicino, il rospo, era molto depresso perché ne aveva solo quattro.

Un giorno un'ispirazione diabolica spinse il rospo a scrivere

una lettera al millepiedi, che diceva così:

> *"Onorato signore: puoi dirmi quale dei tuoi mille piedi muovi per primo, quando trasferisci il tuo distinto corpo da un posto ad un altro, ed in quale ordine muovi le altre novecentonovantanove gambe?"*

"Quando il millepiedi ricevette questa lettera, cominciò a pensare. Provò prima una gamba, poi l'altra. Alla fine, con sua grande costernazione, scoprì di non essere più in grado di muovere una sola gamba. Non poteva affatto camminare! Era paralizzato! È possibile che l'analisi operi in modo simile, paralizzando i nostri processi mentali ed emotivi."

"Sei quindi un avversario di Freud?"

"Niente affatto. Non sono disposto ad accettare tutte le sue conclusioni, ma considero il suo lavoro un contributo immenso alla scienza del comportamento umano. Penso che sia ancora più grande come scrittore che come psicologo. Lo stile brillante di Freud è insuperabile da chiunque a parte Schopenhauer."

Ci fu una pausa, con altra macedonia e succo di fragola.

"Esiste", dissi riprendendo la conversazione, "qualcosa tipo il progresso nella storia dell'uomo?"

"L'unico progresso che posso vedere è il progresso nell'organizzazione. L'essere umano ordinario non vive abbastanza a lungo da trarre alcun beneficio sostanziale dalla propria esperienza. E nessuno, a quanto pare, può beneficiare delle esperienze degli altri. Essendo sia padre che insegnante, so che

non possiamo insegnare niente ai nostri figli. Non possiamo trasmettere loro né la nostra conoscenza della vita né quella della matematica. Ognuno deve imparare di nuovo la lezione da solo."

"Ma" ho obiettato," la natura cristallizza le nostre esperienze. Le esperienze di una generazione diventano gli istinti della prossima."

"Ah." Einstein ha osservato, "questo è vero. Ma ci vogliono diecimila o forse dieci milioni di anni alla natura per trasmettere le esperienze o le caratteristiche ereditate. Api e formiche devono aver impiegato eoni, prima di imparare ad adattarsi così meravigliosamente al loro ambiente. Gli esseri umani, ahimè, sembrano imparare più lentamente degli insetti."

"Pensi che l'umanità alla fine produrrà il superuomo?"

"Se così fosse", rispose Einstein, "sarà questione di milioni di anni."

"Non sei d'accordo con la sorella di Nietzsche, che Mussolini sia il superuomo profetizzato da suo fratello?"

Ancora una volta un sorriso illuminò i lineamenti di Einstein, ma non era un sorriso così gioviale come quello precedente. Pacifista e internazionalista, Einstein è l'antitesi stessa del dittatore. Sebbene neghi filosoficamente la libertà della volontà, Einstein si risente di ogni tentativo di circoscrivere ulteriormente la limitata sfera entro la quale la volontà umana può rappresentarsi l'illusione della libertà.

"Se dobbiamo così poco all'esperienza degli altri, come spieghi gli improvvisi salti in avanti nella scienza? Attribuisci le

tue scoperte all'intuizione o all'ispirazione?"

1.8 Il morbillo dell'umanità

"Credo nelle intuizioni e nelle ispirazioni. A volte, sento di avere ragione. Non so come avvenga. Quando due spedizioni di scienziati, finanziate dalla *Royal Academy,* si recarono a verificare la mia teoria della relatività, ero convinto che la loro le conclusioni sarebbero state conformi alla mia ipotesi. Non fui sorpreso quando l'eclissi del 29 maggio 1919 confermò le mie intuizioni. Sarei stato sorpreso se mi fossi sbagliato."

"Allora ti fidi più della tua immaginazione che della tua conoscenza?"

"Sono abbastanza artista da attingere liberamente alla mia immaginazione. L'immaginazione è più importante della conoscenza. La conoscenza è limitata. L'immaginazione abbraccia il mondo."

"Fino a che punto sei influenzato dal cristianesimo?"

"Da bambino, ho ricevuto un educazione sia sulla Bibbia che sul Talmud. Sono ebreo ma sono affascinato dalla luminosa figura del Nazareno."

"Hai letto il libro di Emil Ludwig su Gesù?"

"Il libro di Emil Ludwig su Gesù" risponde Einstein "è superficiale. Gesù è troppo colossale per gli artigiani della parola, per quanto abili nel loro lavoro. Nessun uomo può sbarazzarsi del cristianesimo usando il semplice buon senso."

"Accetti l'esistenza storica di Gesù?"

"Indiscutibilmente. Nessuno può leggere il Vangelo senza sentire l'effettiva presenza di Gesù. La sua personalità pulsa in ogni parola. Nessun mito è così pieno di vita. Quanto è diversa, ad esempio, l'impressione che ci danno i racconto degli antichi eroi leggendari come Teseo. Teseo e altri eroi del suo tipo mancano dell'autentica vitalità di Gesù."

"Ludwig Lewisohn, in uno dei suoi libri recenti, afferma che molti dei detti di Gesù parafrasano i detti di altri profeti."

"Nessun uomo", rispose Einstein, "può negare il fatto che Gesù sia esistito, né che i suoi detti siano belli. Anche se alcuni di loro sono già stati proferiti precedentemente, nessuno li ha espressi così divinamente come lui."

"Gilbert Chesterton mi ha detto che, secondo uno scrittore cattolico in una Dublin Review, la tua teoria della relatività conferma semplicemente la cosmologia di Tommaso d'Aquino."

"Non ho letto ancora", rispose Einstein. "tutte le opere di Tommaso d'Aquino, ma sono lieto di aver raggiunto le stesse conclusioni di una mente come quella di un tal studioso."

"Ti consideri un tedesco o un ebreo?"

"È del tutto possibile", rispose Einstein, "essere entrambi. Mi considero un uomo. Considero il nazionalismo una malattia d'infanzia. È il morbillo dell'umanità."

1.9 Il pericolo della standardizzazione

"In che modo", ho detto, "giustifichi il nazionalismo ebraico?"

"Sostengo il sionismo", ha risposto il professor Einstein, "nonostante sia un esperimento nazionale, perché dà un comune obiettivo a noi ebrei. Questo nazionalismo non è una minaccia per gli altri. Sion è troppo piccola per sviluppare progetti imperialistici."

"Allora non credi nell'assimilazione?"

"Noi ebrei", rispose Einstein, "siamo stati troppo adattabili. Siamo stati troppo ansiosi di sacrificare le nostre idiosincrasie per motivi di conformità sociale."

"Forse l'assimilazione creerebbe maggiore felicità."

"Non credo proprio", rispose Einstein. "Anche nella moderna civiltà, l'ebreo è molto felice se rimane ebreo."

"Credi nella razza come sostituto del nazionalismo?"

"La razza, almeno, costituisce un'unità più grande. Tuttavia, non credo nella razza in quanto tale. La razza è una frode. Tutte gli uomini sono il conglomerato di così tante miscele etniche che non rimane alcuna razza pura."

"Vorresti," osservai, "considerare la religione come il legame che tiene uniti i figli di Israele?"

"Non credo", rispose Einstein pensieroso, "che la religione sia l'elemento più importante. Siamo tenuti insieme piuttosto da un corpus di tradizioni, tramandato di padre in figlio,

che il bambino assorbe col latte della madre. L'atmosfera della nostra infanzia predetermina le nostre idiosincrasie e predilezioni.

Quando ti ho incontrato, sapevo di poterti parlare liberamente senza le inibizioni che rendono così difficile il contatto con gli altri. Non ti ho considerato né tedesco né americano ma ebreo."

"Ho scritto l'autobiografia dell'ebreo errante con Paul Eldridge", gli dissi. "Tuttavia, capita che non sono ebreo. I miei genitori e i miei progenitori sono del nord, della Germania protestante."

"È impossibile", osservò il professor Einstein, "per ogni individuo rintracciare ogni goccia di sangue nella sua costituzione. Gli antenati si moltiplicano come il famoso seme di grano nella scacchiera che mise in imbarazzo il sultano. Quando torniamo indietro di alcune generazioni, i nostri antenati aumentano in modo così prodigioso che è praticamente impossibile determinare esattamente i vari elementi che costituiscono il nostro essere. Tu hai l'adattabilità psichica dell'ebreo. C'è qualcosa nella tua psicologia che mi permette di parlarti senza barriere."

"Perché la velocità mentale dovrebbe essere solo una caratteristica ebraica? Non è posseduta anche dagli irlandesi e in gran misura dagli americani?"

"Gli americani devono senza dubbio molto al melting pot. È possibile che questa mescolanza di razze renda il loro nazionalismo meno discutibile del nazionalismo europeo. Il nazio-

nalismo negli Stati Uniti non assume forme così spiacevoli come in Europa. Ciò può essere dovuto in parte al fatto che il tuo paese sia così immenso, che non pensi in termini di confini ristretti. Potrebbe essere dovuto al fatto che non soffri dell'eredità d'odio e di paura che avvelena i rapporti delle nazioni europee."

"Ma per tornare alla questione ebraica. Altri gruppi e nazioni coltivano tradizioni individuali. Non c'è motivo per cui dovremmo sacrificare la nostra. La standardizzazione deruba la vita del suo gusto. Privare ogni gruppo etnico delle sue tradizioni è convertire il mondo in una grande fabbrica Ford. Credo nella standardizzazione delle automobili. Non credo nella standardizzazione degli esseri umani. La standardizzazione è un grande pericolo che minaccia la cultura americana."

"Consideri Ford, quindi, una minaccia?"

"Ford è senza dubbio un uomo geniale. Nessun uomo può creare ciò che Ford ha creato, a meno che la forza della vita non gli abbia fornito cospicui doni.

Tuttavia, a volte mi dispiace per gli uomini come Ford.

Tutti quelli che vengono da loro vogliono qualcosa. Non sempre questi uomini riescono a rendersi conto che l'adorazione che ricevono non è un tributo alla loro personalità ma al loro potere o al loro portafoglio. Grandi capitani dell'industria e grandi re cadono nello stesso errore. Un muro invisibile impedisce loro di vedere."

"Sono felice perché non voglio niente da nessuno. Non mi interessa il denaro. Decorazioni, titoli o distinzioni non signi-

ficano nulla per me. Non bramo lodi. L'unica cosa che mi fa piacere, a parte il mio lavoro, il mio violino e la mia barca a vela, è l'apprezzamento dei miei colleghi."

"La tua modestia", ho osservato, "ti fa credito."

"No", rispose Einstein scrollando le spalle. "Non rivendico credito per nulla. Tutto è determinato, sia all'inizio che alla fine, da forze sulle quali non abbiamo alcun controllo. È determinato per l'insetto e per la stella. Esseri umani, vegetali o polvere cosmica, balliamo tutti al ritmo di una melodia misteriosa, suonata in lontananza da un invisibile musicista."

1.10 La signora Einstein in guardia

Einstein si alzò e si scusò. Era quasi mezzanotte. Parlavamo da quasi tre ore.

"Mio marito", osservò la signora Einstein, "deve occuparsi di cose importanti. Ma non c'è motivo per cui lei se ne debba andare. Perché non resta a parlare con me?"

Parlammo ancora a lungo.

Ma appena più tardi, vidi la figura di Einstein, avvolta in un accappatoio, che si recava alla sua abluzione quotidiana. Mi sorrise con lo stesso sorriso buffo che mi aveva affascinato fin dall'inizio.

È stato uno spettacolo notevole, aver visto il saggio avvolto nel suo accappatoio da bagno! Quel tocco di comune umanità non tolse nulla alla sua dignità.

Gli occhi della signora Einstein seguirono adoranti suo marito quando svanì, e di nuovo quando riapparve dal bagno. Si adatta ai bisogni del marito col raro tocco delle mogli dei grandi uomini.

Quando sale nel suo attico, lei non si aggrappa a lui. Quando desidera star solo, si fa da parte dalla sua vita. Lei gli risparmia i contatti disarmonici e protegge la serenità della sua mente con la devozione di una vergine vestale, posta a guardia del fuoco sacro.

Non è impossibile che con una compagna meno disposta al sacrificio, Einstein non avrebbe raggiunto le scoperte che collegano il suo nome agli immortali. Così l'amore, che muove il sole e tutte le stelle, sostiene nel suo percorso solitario il genio di Albert Einstein.

Capitolo 2

Cos'è la scienza?

Un discorso di Feynman presentato al quindicesimo convegno dell'Associazione Nazionale Insegnanti, New York (1966) ed apparso successivamente (lievemente modificato) in "The Physics Teacher", pag. 313 (1969). Ringrazio il professor Guido Visconti che mi ha passato il testo in inglese di questo meraviglioso discorso di Feynman - sorvoliamo sulle battutacce maschiliste, ma pare che il nostro non fosse immune a arroganza intellettuale e difetti del genere. Una trascrizione del discorso (in inglese) è in [3], mentre la traduzione che riporto è quella in [4]. In questa traduzione ho mirato a rispettare lo spirito del discorso, anche se non sono riuscito sempre a rispettarne la lettera.

NdR: I nomi delle sezioni e le citazioni in lingua inglese sono state aggiunte per regioni editoriali e non sono presenti nel testo originale.

2.1 Saluto di Feynman ai presenti

Ringrazio il signor DeRose per avermi dato l'opportunità di unirmi a voi insegnanti di scienze. Anch'io sono un insegnante di scienze. Ho esperienza solo nell'insegnamento a studenti universitari in fisica, e come risultato dell'esperienza so che non so come insegnare.

as a result of the experience I know that I don't know how to teach

Sono certo che voi che siete veri insegnanti e lavorate al livello più basso di questa gerarchia, gli altri insegnanti, gli istruttori degli insegnanti e gli esperti di curricula, anche voi non sapete come farlo; altrimenti non vi dareste la pena di venire a questo convegno.

L'argomento "Cos'è la scienza?" non è una mia scelta. Era l'argomento del signor DeRose.

Ma vorrei subito sottolineare che non è lo stesso chiedersi "cosa è la scienza" oppure "come insegnare la scienza" e devo proprio sottoporre il punto alla vostra attenzione, per due motivi.

Prima di tutto, dal modo in cui sto iniziando questa conferenza, potrebbe sembrare che abbia intenzione di dirvi come insegnare la scienza - non intendo farlo assolutamente e in nessun modo, perché non so nulla di bambini piccoli. Ne ho uno, quindi so che non lo so.

L'altro motivo è che penso che molti di voi sono vittime della mancanza di fiducia in se stessi (perché ci sono così tante pa-

role e documenti e così tanti esperti in giro su questo). In un modo o nell'altro, vi viene sempre propinata una lezione sul fatto che le cose non stanno andando troppo bene e su come dovreste imparare a insegnare meglio. Io non rimprovererò nessuno per il brutto lavoro che sta facendo e non intendo indicargli in che modo può sicuramente migliorare; non è questa la mia intenzione.

In effetti, abbiamo studenti molto bravi che entrano al Caltech, e durante gli anni abbiamo scoperto che diventano sempre migliori. Ora, come succede questo, io non lo so. Mi chiedo se lo sapete voi. Non voglio interferire con il sistema; va bene così.

Proprio due giorni fa abbiamo avuto una riunione in facoltà ed abbiamo deciso che non insegneremo più meccanica quantistica elementare nei corsi di dottorato. Quando ero studente, non avevano neppure un corso di meccanica quantistica al dottorato - era considerato un argomento troppo difficile. Quando ho iniziato a insegnare, ne avevamo giusto uno. Ora, lo insegniamo ai giovani, agli studenti dell'università. Abbiamo scoperto che non ci serve più spiegare meccanica quantistica elementare ai laureati delle altre scuole.

Perché questo corso viene sospinto verso il basso? Perché siamo capaci di insegnare meglio nell'università, e questo perché gli studenti che ci arrivano sono educati meglio.

2.2 Il carattere di questo discorso

Cos'è la scienza? Certo che tutti voi dovete saperlo, se lo insegnate. Questo è buon senso. Cosa posso dirvi? Se non lo sapete, ogni edizione per gli insegnanti del libro di testo vi offrirà una discussione sull'argomento. Ci troverete una specie di distillato distorto, annacquato e confuso delle parole dette alcuni secoli fa da Francis Bacon, parole che a suo tempo avrebbero dovuto essere la profonda filosofia della scienza.

Ma uno dei più grandi scienziati sperimentali di quei tempi, che stava combinando davvero qualcosa, William Harvey, non era della stessa idea. Diceva che quello che secondo Bacon era la scienza era la scienza che avrebbe fatto un Lord cancelliere. Bacon parlava di fare osservazioni, ma ometteva il fattore cruciale: di esercitare giudizio su cosa osservare e a cosa prestare attenzione.

E quindi, che cos'è la scienza non è quello che han detto i filosofi, e certamente non quello che dicono le edizioni per gli insegnanti dei libri di scuola. Quello che è, è un problema sul quale mi sono messo a pensare, dopo che mi hanno detto che avrei tenuto questo discorso.

Dopo un po' che ci pensavo, mi è tornata in mente una poesia per bambini:

Al giulivo millepiedi, volle il rospo un dì burlare

e gli chiese: "Dimmi bello, sai che piede devi alzare?"

Lui pensò, si fece rosso,

inciampò e finì in un fosso:

Se lo sa, non lo può fare.

Per tutta la vita ho fatto scienza e ho saputo cosa fosse, ma quello che sono venuto a dirvi - quale piede alzare prima e quale dopo - non lo so fare, e inoltre, sono preoccupato (per colpa della poesia) che quando tornerò a casa non sarò più capace di fare scienza.

2.3 Approccio alla discussione

Ci sono stati molti tentativi da parte di vari giornalisti di ottenere una specie di riassunto in pillole di questo discorso; siccome l'ho preparato solo adesso, non è stato possibile accontentarli, ma già li vedo correre fuori a scrivere articoli sui loro giornali con un titolo del tipo: "Il Professore ha detto che il presidente della Accademia Nazionale degli Insegnanti è un rospo."

In queste circostanze, considerando la difficoltà dell'argomento che mi è stato assegnato e la mia avversione all'esposizione filosofica, ho deciso che presenterò l'argomento in un modo molto insolito. Vi dirò semplicemente come io ho imparato cos'è la scienza.

È una roba da bambini. L'ho imparata da piccolo, l'ho avuta nel sangue sin dall'inizio. E vorrei dirvi come mi è arrivata. Potrebbe sembrare che stia cercando di dirvi come insegnare, ma non è quello che intendo fare. Sto per dirvi a cosa as-

somiglia la scienza, partendo da come ho imparato io a cosa assomiglia.

I am just going to tell you how I learned what science is...

È stato mio padre a farmi qualcosa. Mentre ero in grembo a mamma, mi è stato riferito - non sono direttamente informato della conversazione - che lui le disse "se è un ragazzo, sarà un scienziato." Come faceva a saperlo? Non mi ha mai detto che avrei dovuto diventare uno scienziato. Non era uno scienziato, era un uomo d'affari, un direttore delle vendite di una società di uniformi, ma leggeva di scienza e l'amava.

Quando ero molto piccolo - la prima storia di cui sono informato direttamente - quando ancora mangiavo nel seggiolone, mio padre giocava con me dopo cena. Aveva portato un sacco di vecchie piastrelle rettangolari per il bagno da qualche posto a Long Island City. Le mettevamo una sopra all'altra e mi veniva permesso di spingere quella in fondo, per vedere la torre che crollava. Fin qui, tutto bene.

Successivamente, il gioco migliorava. Le piastrelle erano di colori diversi. Dovevo metterne una bianca, due blu, una bianca, due blu e un altra bianca e poi due blu - magari adesso volevo metterne un'altra blu, ma doveva essere bianca. (Riconoscete già la solita insidiosa furbata; per prima cosa li facciamo divertire con il gioco, e poi lentamente gli inoculiamo del materiale con elevato valore didattico!)

Bene, mia madre, che è una donna con molto più cuore, inizia ad accorgersi dei suoi sforzi insidiosi e gli dice: "Mel, per

favore, lascia che il povero bambino metta una piastrella blu, se vuole." Mio padre risponde: "No, voglio che presti attenzione agli schemi. È l'unica cosa di matematica che gli posso insegnare a questa età."

Se stessi tenendo un discorso su "cos'è la matematica", avrei già risposto. La matematica è la ricerca di schemi.

Mathematics is looking for patterns

(Il fatto è che questo tipo di educazione aveva degli effetti. Abbiamo avuto un test sperimentale diretto, non appena sono arrivato all'asilo.

Avevamo un corso di cucito in quei giorni - ma l'hanno tolto; è troppo difficile per i bambini. Usavamo carta colorata per cucire strisce verticali e per creare degli schemi. La maestra d'asilo fu talmente stupita da mandare una lettera speciale ai miei, per riferire che questo bambino era molto insolito, perché sembrava essere in grado di capire in anticipo quale schema avrebbe ottenuto, e di realizzare schemi incredibilmente complicati.

Quindi, il gioco delle piastrelle mi ha fatto qualcosa sul serio.)

2.4 Cos'è la matematica

Vorrei addurre altre evidenze sul fatto che la matematica non sia altro che schemi. Quando ero a Cornell ero piuttosto affascinato dal corpo studentesco, che mi sembrava una misce-

la diluita di alcune persone ragionevoli in una gran massa di gente stupida che studiava economia domestica, ecc. incluse molte ragazze. Mi sedevo a mensa con gli studenti per mangiare e cercavo di origliare le conversazioni per sentire se ogni tanto venisse fuori qualcosa di intelligente. Potete immaginare la mia sorpresa quando scoprii una cosa che mi sembrò fantastica.

Stavo seguendo una conversazione tra due ragazze, e una stava spiegando all'altra che se vuoi fare una linea retta, vedi, procedi dello stesso numero di righe di cui sali - cioè, se ogni volta tu procedi in avanti dello stesso numero di quante righe sali, farai una linea retta - un profondo principio di geometria analitica! Andò avanti.

Ero sconvolto. Non avevo mai capito che la mente femminile fosse in grado di comprendere la geometria analitica. Continuò dicendo: "Supponi di avere un'altra linea che arriva dall'altro lato, e vuoi capire dove si intersecheranno. Supponiamo che in una riga procedi di due a destra per ogni riga che sale e nell'altra linea vai oltre di tre a destra per ognuna di quelle che sale, e iniziano venti righe prima, ecc."– Rimasi sbalordito. Aveva capito dove si trovava l'incrocio.

Ho poi scoperto che quella ragazza stava spiegando all'altra come lavorare a maglia i calzini a quadrettoni.

Quindi, ho imparato una lezione: la mente femminile è capace di comprendere la geometria analitica. Quelle persone che da anni insistono (a dispetto di tutte le ovvie prove del contrario) che il maschio e la femmina sono ugualmente capaci di pen-

siero razionale hanno in mano un punto valido. La difficoltà potrebbe semplicemente essere che non abbiamo mai scoperto un modo di comunicare con la mente femminile. Se fosse fatto nel modo giusto, potreste essere in grado di ottenere qualcosa da questo.

Vado avanti con la mia esperienza personale di studente di matematica. Un'altra cosa che mio padre mi disse - e non riesco a spiegarla abbastanza, perché era più un'emozione che una storia - era che il rapporto tra le circonferenza e il diametro di tutti i cerchi era sempre lo stesso indipendentemente dalle dimensioni. Questo non mi sembrava troppo strano, ma il rapporto aveva alcune proprietà eccezionali. Quello era un numero meraviglioso, un numero profondo, pi greco. C'era un mistero in questo numero che non capivo da giovane, ma questa era una cosa grande, e come risultato, ho cercato pi greco dappertutto.

There was a mystery about this number that I didn't understand as a youth, but this was a great thing, and the result was that I looked for pi everywhere

Quando più tardi a scuola imparai a fare i decimali per le frazioni, e a calcolare 3+1/8, ottenni 3,125. Pensando di aver riconosciuto un vecchio amico, scrissi: è uguale a pi greco, il rapporto tra circonferenza e diametro di un cerchio. L'insegnante però mi corresse, scrivendo 3,1416.

Vi parlo di questo per testimoniarvi che ero sotto un potente influsso. L'idea che ci fosse un mistero, che c'era qualcosa

di meraviglioso in quel numero era importante per me - non tanto quello che il numero era. Molto più tardi, quando stavo facendo esperimenti in laboratorio - voglio dire, il mio laboratorio di casa - e giocherellavo - no, scusatemi, non ho fatto esperimenti, non ne ho mai fatti; ho solo giocherellato. Facevo radio e aggeggi. A poco a poco, attraverso libri e manuali, ho iniziato a scoprire che c'erano formule applicabili all'elettricità, che riguardavano correnti elettriche, fili, resistenze, e così via. Un giorno, guardando le formule in un libro o in un altro ho scoperto una formula per la frequenza di un circuito risonante, che era: la frequenza è data dall'inverso di 2 pi greco per radice quadrata di L moltiplicato C, dove L è l'induttanza e C la capacità del circuito. C'era pi greco, ma dove era il cerchio? Ridete se volete, ma ero molto serio allora. Pi greco era una cosa che aveva a che fare con i cerchi, ed ecco adesso che pi greco usciva fuori da un circuito elettrico. Dove era il cerchio? Quelli di voi che ridevano, sanno mica dirmi perché viene fuori pi greco?

Doveva piacermi davvero tanto questa cosa. Dovevo capirlo. Ci dovevo pensare. E poi ho capito, ovviamente, che le bobine sono fatte di cerchi. Circa un anno e mezzo dopo, ho trovato un altro libro che forniva l'induttanza di bobine rotonde e bobine quadrate, e c'erano altri pi grechi in quelle formule. Ho iniziato a pensarci di nuovo, e mi sono reso conto che il pi greco non veniva fuori dalle bobine circolari. Lo capisco meglio adesso; ma in fondo al cuore non so ancora dove sia quel cerchio, da dove viene fuori quel pi greco.

...but in my hearth I still don't quite know

where that circle is, where that pi comes from

2.5 Le esperienze e cosa ne impariamo

Quando ero ancora piuttosto giovane - non so quanti anni avevo esattamente - avevo una palla in un carretto e lo stavo tirando. Ho notato qualcosa e quindi sono corso da mio padre per dirgli "Quando tiro il carretto, la palla corre dietro e quando corro con il carretto e mi fermo, la palla corre verso il davanti. Perché?"

Come rispondereste?

Mi disse: "Questo, nessuno lo sa." E aggiunse: "È molto generale però, succede sempre e per qualsiasi cosa; tutto ciò che si muove tende a continuare a muoversi; tutto quello che sta fermo cerca di restare in quella condizione. Se guardi da vicino vedrai che la palla non se ne va sul retro del carretto, dove parti quando sei fermo. Essa avanza un pochino, ma non veloce come il carretto. La parte posteriore del carretto raggiunge la palla, che fa fatica ad iniziare a muoversi. Viene chiamato inerzia, quel principio." Sono tornato indietro per controllare, e ne ero abbastanza sicuro, la palla non andava all'indietro. Mio padre rimarcò molto distintamente la differenza tra ciò che sappiamo e ciò che dichiariamo.

He put the difference between what we know and what we call it very distinctly

2.6 Nomi e conoscenza

Riguardo la faccenda di nomi e parole, vorrei raccontarvi un'altra storia. Andavamo per le montagne di Catskill per le vacanze. Se vivi a New York, vai sulle montagne di Catskill per le vacanze. I poveri mariti devono essere in città durante la settimana per lavorare, ma appena possibile scappano in montagna per poter stare con loro famiglie. Nei fine settimana, mio padre mi portava a fare passeggiate nelle foreste. Lui mi portava spesso a fare passeggiate, e imparavamo tutto sulla natura, e così via, in quelle circostanze. Ma anche gli altri bambini, amici miei, volevano andare e provarono a convincere mio padre di prenderli con lui. Non voleva, perché diceva che ero più avanzato. Non sto cercando di dirvi come insegnare, perché quello che mio padre faceva era con una classe di un solo studente; se avesse una classe di più di uno, non sarebbe stato capace di farlo.

Così andavamo da soli per la nostra passeggiata nelle foreste. Ma le madri erano molto potenti quei giorni proprio come lo sono adesso, e convinsero gli altri padri a portare i propri figli a fare passeggiate nelle foreste. Quindi tutti i padri presero tutti i figli una domenica pomeriggio per passeggiare nelle foreste. Il giorno dopo, lunedì, stavano giocando nei campi e questo ragazzo mi dice: "Vedi quell'uccello in piedi su quel ceppo lì? Come si chiama?" Dissi: "Non ne ho la minima idea." Disse: "È un tordo dalla gola bruna, tuo padre non ti insegna molto sulla scienza."

Sorrisi tra me e me, perché mio padre mi aveva già insegnato

che il nome non dice nulla dell'uccello. Mi insegnava "Vedi quell'uccello? È un tordo dalla gola bruna, ma in Germania si chiama *halzenflugel* e in cinese lo chiamano *chung ling* e anche se conosci tutti i suoi nomi, non sai ancora niente sull'uccello: sai solo qualcosa sulla gente, sai come loro chiamano quell'uccello. Ora quel tordo canta e insegna ai suoi giovani a volare e vola così per molte miglia di distanza durante l'estate e per tutto il paese, e nessuno sa come trova la sua strada", e così via. C'è una differenza tra il nome delle cosa e cosa succede davvero.

Il risultato di questo è che non riesco a ricordare il nome di nessuno e quando le persone discutono di fisica con me spesso sono esasperati quando dicono "l'effetto Fitz-Cronin," e io chiedo "Qual è l'effetto?" E non riesco a ricordarne il nome.

Vorrei dirvi una parola o due - permettetemi di interrompere la mia storiella - su parole e definizioni, perché è necessario imparare le parole. Ma non è scienza. Non voglio dire, solo perché non è scienza, che non bisogna imparare le parole. Non stiamo parlando di cosa insegnare; noi stiamo parlando di cosa sia la scienza.

Non è scienza sapere come passare da gradi celsius a gradi fahrenheit. È necessario, ma non è esattamente scienza. Nello stesso senso, se stessimo discutendo di cosa sia l'arte, non direi mai che l'arte è la conoscenza del fatto che una matita 3B è più morbida di una matita 2H. È una differenza nitida. Questo non significa mica che un insegnante d'arte non dovrebbe insegnarlo o che un artista possa dire allegramente "tutto a po-

sto!" anche se non lo sa. (In realtà, lo potresti scoprire da solo e in fretta, semplicemente usandole; ma questo è un metodo scientifico che gli insegnanti d'arte potrebbero non ritenere giusto spiegare).

> ***It is not science to know how to change Centigrade to Fahrenheit. It's necessary, but it is not exactly science***

Per parlarci dobbiamo disporre delle parole, e questo va bene. È un buona idea cercare di capire la differenza, ed è una buona idea sapere quando stiamo insegnando quali sono gli strumenti della scienza, come le parole, e quando invece insegniamo scienza.

2.7 L'energia e i libri di scuola

Per rendere ancora più chiaro il mio punto, selezionerò un certo libro di scienze per criticarlo, anche se questo è ingiusto, perché sono sicuro che, con poco sforzo, posso trovare cose ugualmente spiacevoli da dire sugli altri.

C'è un libro di scienze per le scuole elementari che, nella prima lezione, inizia ad insegnare la scienza in un modo infelice, perché parte con un'idea sbagliata su ciò che è la scienza. C'è una foto di un cane - un cane giocattolo con un motore a carica - e una mano vicino alla chiave che carica la molla e che permette al cane di muoversi. Sotto l'immagine, il libro dice "Cosa lo fa spostare?" Più avanti, c'è una foto di un cane vero e la domanda "Cosa fa muovere il cane?" Poi c'è una fo-

to di una moto e la domanda "Come mai cammina?" e così via.

All'inizio pensavo che si stessero preparando per spiegare quale scienza era messa in gioco - fisica, biologia, chimica - ma non era così. La risposta era nella versione del libro scritta per i maestri: la risposta che stavo cercando di imparare era "l'energia lo fa muovere."

Ora, l'energia è un concetto molto sottile. È molto, molto difficile capirla bene. Voglio dire che non è facile capire l'energia abbastanza bene per riuscire ad usarla correttamente, e per dedurre qualcosa usando l'idea dell'energia. È oltre il livello delle scuole elementari. Sarebbe ugualmente bene dire che "Dio lo fa muovere" o "lo spirito lo fa muovere", o "la mobilità lo fa muovere." (In effetti, si potrebbe altrettanto bene dire "l'energia lo fa fermare").

Guardatela in questo modo: questa è solo la definizione di energia; l'argomento dovrebbe essere invertito. Potremmo dire che quando qualcosa può muoversi c'è energia in esso, ma non che "quello che lo fa muovere è l'energia." Questa è una differenza molto sottile. È lo stesso con la proposizione dell'inerzia.

Forse posso chiarire la differenza un po' meglio in questo modo: se chiedi a un bambino ciò che fa muovere il cane giocattolo, dovresti pensare a quello che un normale umano avrebbe risposto. La risposta è che prima hai caricato la molla; poi la molla si srotola e costringe la ruota a girare.

Che bel modo di iniziare un corso di scienze! Smonta il gio-

cattolo; vedi come funziona. Guarda l'organizzazione degli ingranaggi; osserva i cricchetti. Impara qualcosa sul giocattolo, il modo in cui il giocattolo è stato messo insieme, apprezza l'intelligenza delle persone che escogitano i cricchetti e le altre cose. Questo è buono. La domanda va bene. La risposta è un po' infelice, perché quello che stavano cercando di fare era insegnare una definizione di cos'è l'energia. Ma nulla del genere viene imparato.

Supponiamo che uno studente ci dica "Non credo che l'energia lo faccia muovere." Come proseguiremmo la discussione? Alla fine ho trovato un modo per verificare se abbiamo insegnato un'idea o abbiamo insegnato solo un'altra definizione.

Verificatelo in questo modo: chiedete "Senza usare la nuova parola che hai appena sentito, prova a spiegare ciò che hai appena imparato nella tua lingua." In altri termini "Dimmi cosa sai del movimento del cane giocattolo ma senza usare la parola energia." Non ci si riesce. Quindi, non hai imparato altro che una definizione. Non hai imparato niente sulla scienza. Potrebbe anche andar bene. Potreste non voler insegnare subito qualcosa sulla scienza, bisogna prima imparare le definizioni. Ma siamo alla prima lezione: non vi sembra un modo distruttivo per iniziare?

Penso che, per la lezione numero uno, imparare una formula mistica per rispondere alle domande è molto male.

Quel libro ne ha altri: "la gravità lo fa cadere"; "le suole delle tue scarpe si consumano per l'attrito." La pelle delle scarpe

si consuma perché si sfrega contro il marciapiede e le piccole tacche e sobbalzi del marciapiede si agganciano a dei pezzetti e li strappano via. Dire semplicemente che è a causa dell'attrito è triste, perché non è scienza.

2.8 Il metodo di indagine

Mio padre ha affrontato un po' il discorso dell'energia e ha usato il termine dopo che mi ero un po' familiarizzato con quell'idea. Cosa avrebbe fatto lui lo so, perché ha fatto essenzialmente una cosa del genere - sebbene non con lo stesso esempio del cane giocattolo. Se avesse voluto dare la stessa lezione lui avrebbe detto, "si muove perché il sole splende."

Avrei risposto: "No. Che c'entra questo con il sole che splende? Si è mosso perché io caricato la molla. "

"E perché, carissimo, sei in grado di caricare la molla?"

"Perché io mangio."

"Cosa mangi, carissimo?"

"Mangio la verdura."

"E come mai la verdura cresce?"

"Cresce perché splende il sole."

Ed è lo stesso con il cane vero.

Che mi dite della benzina? Energia accumulata del sole, che viene catturata da piante e conservata nel terreno. Anche se

consideriamo altri esempi finiamo spesso a parlare del sole. E così, la stessa idea del mondo che il nostro libro di testo stava provando a trasmettere, viene formulata ma in un modo molto emozionante.

Tutte le cose che vediamo e che si stanno muovendo, si stanno muovendo perché il sole splende. Questo spiega la relazione tra una fonte di energia e un'altra, e può essere contraddetto dal bambino. Poteva dire: "Non penso che sia a causa del sole che splende" e a questo punto potevi iniziare una discussione, quindi c'è una bella differenza (più tardi lo avrei potuto sfidare con le maree, e a capire cosa fa girare la terra, e avrei avuto di nuovo le mani in pasta nel mistero.)

Questo è solo un esempio della differenza tra le definizioni (che sono necessarie) e la scienza. L'unica obiezione vera - in questo caso particolare - era che si parlava della prima lezione. Devi certamente prima o poi arrivare a dire che cos'è l'energia, ma ad una domanda così semplice come "Cosa fa muovere un cane giocattolo?" un bambino dovrebbe ricevere una risposta da bambino. "Aprilo; guardiamoci dentro."

A child should be given a child's answer.
"Open it up; let's look at it"

Durante quelle passeggiate nelle foreste ho imparato molto. Nel caso degli uccelli, per esempio, ho già menzionato la migrazione, ma vorrei darvi un altro esempio sugli uccelli delle foreste. Invece di nominarli, mio padre avrebbe detto: "Guarda, nota che l'uccello becca spesso le piume. Anzi, se le becca continuamente. Perché pensi che stia beccandosi le piume?"

Immaginavo che lo facesse perché le sue piume si erano arruffate e stava cercando di rimetterle a posto. Risposta: "OK, secondo te, in che momento le piume si arrufferebbero, o come si arrufferebbero? "

E io: "Quando vola. Quando cammina, tutto a posto. Ma quando vola, gli si scompigliano le piume."

Poi avrebbe detto: "Dunque, tu immagini che l'uccello si dovrebbe beccare le penne appena atterra, non subito dopo che se le ha rimesse a posto, e ha camminato per un po' di tempo a terra. OK, diamo un'occhiata."

Quindi avremmo guardato, e osservato, e risultava, per quanto potevo capire, che l'uccello beccava tanto e spesso anche dopo avere camminato a lungo a terra, e non solo direttamente dopo il volo.

Quindi la mia ipotesi era sbagliata e non avevo potuto indovinare la ragione vera. A questo punto mio padre me l'avrebbe rivelata:

È che gli uccelli hanno i pidocchi. C'è un piccolo fiocco che si stacca dalla piuma, mio il padre mi ha insegnato, roba che può essere mangiata, e il pidocchio lo mangia. E poi sul pidocchio, c'è un po' di cera nelle articolazioni tra le sezioni della gamba che schizza fuori, e c'è un acaro che vive lì dentro che può mangiare quella cera. Adesso l'acaro ha una buona fonte di cibo che non digerisce troppo bene, quindi dalla parte posteriore arriva un liquido che ha troppo zucchero, e in quello lo zucchero vive una piccola creatura, ecc.

I fatti non sono giusti; lo spirito è giusto. In primo luogo, ho imparato a conoscere il parassitismo, uno sull'altro, sull'altro, sull'altro.

Subito dopo, avrebbe continuato dicendo che al mondo, ogni volta che c'è qualche fonte di qualcosa che potrebbe essere mangiata facendo andare avanti la vita, una qualche forma di vita trova un modo per fare uso di quella fonte; e che ogni pezzetto di materiale che resta viene mangiato da qualcosa.

2.9 La meraviglia, la pazienza

Ora, il punto è questo; anche quando non ero in grado di portarla a conclusione, il risultato dell'osservazione era un meraviglioso gioiello, che aveva un effetto straordinario. Era qualcosa di straordinario.

It was something marvelous

Supponiamo che mi fosse stato detto di osservare, di fare una lista, di scrivere, di fare questo, di guardare, e quando ho scritto la mia lista, veniva archiviata con altre 130 liste nel retro di un taccuino. Avrei imparato che il risultato dell'osservazione è relativamente noioso, e non ne viene fuori un granché.

Penso che sia molto importante - almeno per me lo era: se avete intenzione di insegnare alle persone a fare osservazioni, dovreste mostrare loro che ne possono tirar fuori qualcosa di meraviglioso.

Ho imparato allora di che sostanza era fatta la scienza: era la pazienza.

Se tu guardi, e guardi, e hai prestato attenzione, ottieni una grande ricompensa da questo - anche se, forse, non sempre. Di conseguenza, quando sono diventato più grande, volevo lavorare diligentemente sui problemi, ora dopo ora, o anno dopo anno - a volte molti anni, a volte tempi più brevi; molte volte senza imparare niente, un sacco di roba che scrivo finisce nel cestino dei rifiuti - ma ogni tanto ecco la pietra preziosa, la cosa nuova che avevo capito e che avevo imparato ad aspettarmi fin da quando ero un bambino, il risultato dell'osservazione.

Perché non mi era stato insegnato che non bisogna fermarsi ed osservare.

Imparammo molte altre cose in quella foresta. Andammo a fare passeggiate per vedere tutte le cose normali e parlare di molte cose: delle piante che crescono, della lotta degli alberi per la luce, di come cercano di arrivare più in alto che possono, e a risolvere il problema di trasportare l'acqua ad altezze maggiori di 10 metri, le piccole piante sul terreno che cercano gli sprazzi di luce che attraversano tutte quegli alberi, e così via.

Un giorno, dopo aver visto tutto questo, mio padre mi portò di nuovo nella foresta e mi disse: "In tutto questo tempo che abbiamo osservato la foresta, abbiamo visto solo la metà di quello che sta succedendo, esattamente la metà ." Chiesi: "Cosa intendi?" Mi disse: "Abbiamo osservato come tutte

queste cose crescono, ma per ogni parte che cresce, ci deve essere la stessa quantità che decade - altrimenti, i materiali si consumerebbero per sempre: lì ci sarebbero alberi morti, che avendo esaurito tutta la roba dall'aria e dalla terra, non potrebbe tornare nel terreno o nell'aria. Quindi nient'altro potrebbe crescere, perché non ci sarebbe materiale disponibile. Per ogni parte che cresce ci deve essere esattamente la stessa quantità che decade."

Seguirono poi molte passeggiate nelle foreste durante le quali spezzettammo ceppi, vedemmo funghi che ci crescevano sopra e buffi insetti; non poteva mostrarmi i batteri, ma vedemmo i loro effetti sui tronchi vecchi che marcivano, diventavano morbidi e così via.

Così ho visto la foresta come un processo di costante trasformazione dei materiali.

I saw the forest as a process of the constant turning of materials

C'erano molte cose del genere, descrizioni di cose, fatte in modi strani. Spesso iniziava a parlarmi in modi come questo: "Supponiamo che un marziano dovesse venire qui e guardare il mondo." Per esempio, quando stavo giocando con il mio trenino elettrico, mi disse che c'è una grande ruota che viene girata dall'acqua che è collegata da filamenti di rame, che si diffondono, si espandono e si espandono fuori in tutte le direzioni; e poi ci sono delle piccole ruote e tutte quelle piccole ruote girano quando la grande ruota gira. La relazione tra loro è solo che rame e ferro, nient'altro - niente parti mobili. Giri

una ruota qui, e tutto le piccole ruote girano dappertutto e il tuo treno è uno di loro. Era un mondo meraviglioso quello di cui mi parlava mio padre.

2.10 I problemi della meccanica quantistica

Vi chiederete che cosa ne ha ottenuto. Sono andato al MIT. Sono andato a Princeton. Sono tornato a casa e mi ha detto: "Ora che hai una formazione scientifica vorrei tanto sapere una cosa che non ho mai capito, e quindi, figlio mio, voglio che sia tu a spiegarmelo."

Gli risposi "Ma certo!"

Disse: "Capisco che dicono che la luce sia emessa da un atomo, e quando lo fa passa da uno stato a un altro, da uno stato eccitato a uno stato di energia inferiore."

Gli dissi, "È vero."

"E la luce è una specie di particella - un fotone, penso che lo chiamino in questo modo."

"Sì."

"Quindi se il fotone esce dall'atomo quando passa dallo stato eccitato allo stato inferiore, il fotone doveva essere contenuto nell'atomo che era allo stato eccitato. "

Ho detto: "Beh, no."

Ha detto, "Beh, riesci a trovare un modo di pensare che un fotone esca, senza che sia precedentemente nell'atomo allo stato eccitato? "

Ho pensato alcuni minuti e ho detto: "Mi dispiace, non lo so, non te lo so spiegare."

Era molto deluso che, dopo tutti questi anni e anni di tentativi di insegnarmi qualcosa, non aveva ottenuto altro che risultati tanto mediocri.

2.11 Conoscenza e razza umana

La scienza è, penso, forse qualcosa del genere: c'era su questo pianeta evoluzione della vita, ed era arrivata ad uno stadio in cui c'erano animali evoluti, che erano intelligenti. Non intendo solo esseri umani, ma animali che giocavano e che potevano imparare qualcosa dall'esperienza - come i gatti. Ma in questa fase ogni animale doveva imparare dalla propria esperienza. Si sviluppavano gradualmente, fino a che alcuni animali riuscivano ad imparare più rapidamente dall'esperienza e potevano anche imparare dall'esperienza di un altro guardandolo, o uno avrebbe potuto mostrare qualcosa all'altro, o vedere cosa aveva fatto l'altro. Quindi arrivò la possibilità che tutti potessero imparare, ma la trasmissione della conoscenza era inefficiente e sarebbero morti prima, e forse colui che l'aveva imparato per primo è morto davvero prima che potesse trasmetterlo agli altri.

La domanda diventava: è possibile imparare più rapidamente ciò che qualcuno ha imparato in qualche occasione, rispetto alla velocità con cui le cose vengono dimenticate, sia per colpa della cattiva memoria o per colpa della morte dello studente o degli inventori?

Venne quindi un tempo, forse, quando per alcune specie il tasso dell'apprendimento aumentò fino a raggiungere una tale velocità che, improvvisamente, successe qualcosa di completamente nuovo: le cose potevano essere apprese da un singolo animale, trasmesse ad un altro, e un altro abbastanza velocemente da non andare perduto per la specie. Così divenne possibile un accumulo di conoscenza.

Questo è stato definito "eredità culturale." Non so chi l'abbia chiamata così per primo. In ogni modo, abbiamo con noi in questa sala alcuni campioni tra quegli animali, che sono qui seduti cercando di collegare una esperienza con un'altra, ognuno cercando di imparare dagli altri.

Il fenomeno di possedere ricordi ad uso della specie, di accumulare conoscenze trasmissibili da una generazione all'altra, era una cosa nuova al mondo, ma si accompagnava ad una malattia: era possibile trasmettere idee che non davano alcun beneficio. In altre parole, la specie ha delle idee, ma non tutte queste sono necessariamente benefiche.

> ***...it had a disease in it. It was possible to pass on ideas which were not profitable for the race. The race has ideas, but they are not necessarily profitable.***

Quindi arrivò un tempo in cui le idee, benché accumulate molto lentamente, divennero non solo delle raccolte di cose pratiche e utili, ma anche mucchi di pregiudizi di tutti i tipi e di credenze assurde e strampalate.

Poi venne scoperto un modo per evitare la malattia. Il modo è dubitare che ciò che ci viene tramandato dal passato sia sempre vero, e cercare di scoprire le cose da capo, chiedendo all'esperienza "di cosa stiamo parlando precisamente?", piuttosto che fidarsi di quello che viene del passato o della forma in cui ci è stato tramandato.

E in questo consiste la scienza: il risultato della scoperta che vale la pena ricontrollare con nuove esperienze dirette, non fidandosi necessariamente dell'esperienza ottenuta dalla specie umana nel passato. Io la vedo in questo modo. Questa è la mia migliore definizione.

that is what science is; the result of the discovery that it is worthwhile rechecking by new direct experience, and not necessarily trusting the race experience from the past.

2.12 Il valore della scienza

Vorrei ricordarvi tutte le cose che conoscete molto bene per darvi un po' di entusiasmo. Nella religione, le lezioni morali vengono insegnate, ma non vengono insegnate solo una volta, devi venire ispirato nuovamente, e penso che sia necessario ispirare ancora ed ancora e ricordare il valore della

scienza a bambini, adulti e tutti gli altri, in diversi modi; non solo perché così facendo diventeremo cittadini migliori, più capaci di controllare la natura e così via; ci sono anche altre ragioni.

C'è il valore della visione del mondo creata dalla scienza. C'è la bellezza e la meraviglia del mondo che si scopre attraverso i risultati di questi nuovi esperienze. Vale a dire, le meraviglie di cui vi ho appena ricordato; che le cose si muovono perché splende il sole.

(Tuttavia, non tutto si muove perché il sole splende. La terra ruota indipendentemente dal fatto che il sole splende, e la reazioni nucleari hanno recentemente prodotto energia sulla terra, una nuova fonte. Probabilmente i vulcani vengono generalmente attivati da una fonte diversa dal sole.)

Il mondo sembra così diverso dopo aver appreso la scienza. Ad esempio, gli alberi sono fatti di aria, principalmente. Quando vengono bruciati, tornano all'aria e nella fiammata, viene liberato il calore fiammeggiante del sole, che era destinato a convertire l'aria in albero, e nella cenere è il piccolo resto di quella parte che non veniva dall'aria ma dalla terra solida. Queste son cose belle, e il contenuto della scienza è meravigliosamente pieno di loro. Sono profonde fonti di ispirazione, e possono essere usate per ispirare gli altri.

Un'altra delle qualità che la scienza insegna è il valore del pensiero razionale e l'importanza della libertà di pensiero; i risultati positivi che derivano dal dubitare che le lezioni siano tutte vere.

Qui dovete distinguere - specialmente nell'insegnamento - la scienza dalle forme o procedure che alle volte vengono usate nello sviluppo della scienza.

È facile dire: "Scriviamo, sperimentiamo e osserviamo, e facciamo questo o quello." Potete copiare esattamente quel modello. Ma anche le grandi religioni muoiono, quando si segue la forma e si scorda il contenuto degli insegnamenti delle grandi guide spirituali.

Allo stesso modo, è possibile seguire la forma e chiamare qualcosa scienza, anche se questa è pseudoscienza. Pertanto, tutti soffriamo di quel tipo di tirannia che vige oggi nelle tante istituzioni, che sono finite sotto l'influenza di consiglieri pseudoscientifici.

Abbiamo molti studi sull'insegnamento, per esempio, in cui persone fanno osservazioni, fanno liste, fanno statistiche e così via, ma queste non diventano in tal modo scienza consolidata o conoscenza consolidata.

Sono solo una forma di scienza imitativa, analoga agli aeroporti degli isolani delle isole del sud - campi di atterraggio con torri radio aerei e altre cose, tutte fatte di legno.

Gli isolani si aspettano che un grande aeroplano stia per arrivare. Costruiscono persino aeroplani di legno della stessa forma che vedono negli aeroporti degli stranieri che li circondano, ma stranamente, i loro aeroplani di legno non volano.

...these studies are analogous to the South Sea Islands airfields, planes, radio towers, etc.,

made out of woods... but strangely enough
these airplanes do not fly

Il risultato di questa imitazione pseudoscientifica è di produrre esperti, come molti di voi sono. Ma voi insegnanti, che state davvero insegnando agli ultimi bambini arrivati, potete forse dubitare degli esperti ogni tanto. Imparate dalla scienza che voi dovete dubitare degli esperti. In effetti, posso anche definire la scienza in un altro modo: la scienza è credere nell'ignoranza degli esperti.

science is the belief in the ignorance of experts

Quando qualcuno dice: "La scienza insegna così e cosà", sta usando la parola in modo errato. La scienza non insegna nulla; l'esperienza lo insegna. Se vi dicono : "La scienza ha dimostrato questo e quello", potreste chiedere: "In che modo lo dimostra la scienza? Quando l'hanno scoperto gli scienziati? Come? Che cosa? Dove?" Non dovrebbero dire "la scienza ha mostrato" ma "questo esperimento, questo effetto, ha mostrato." E avete diritto come chiunque altro di giudicare, dopo aver preso atto degli esperimenti - ma siate pazienti e ascoltate tutte le prove - se si è giunti ad una conclusione ragionevole.

2.13 Un appello agli insegnanti

In un campo così complicato, dove la vera scienza non è ancora in grado di portarci da nessuna parte, dobbiamo fare affidamento su una sorta di saggezza antiquata, una specie di

modo ben definito di essere chiari. Sto cercando di ispirare gli insegnanti ad avere un po' di speranza e un po' di fiducia nel senso comune e nella naturale intelligenza. Gli esperti che vi stanno guidando potrebbero avere torto.

Probabilmente ho rovinato il sistema, e gli studenti che entreranno al Caltech non saranno più bravi. Penso che viviamo in un'epoca non-scientifica in cui quasi tutte le strizzate d'occhio dei media, le parole della televisione, i libri e così via sono non-scientifici. Di conseguenza, c'è una considerevole quantità di tirannia intellettuale esercitata in nome della scienza.

there is a considerable amount of intellectual tyranny in the name of science

Infine, sempre su questa storia dell'eredità culturale, nessun uomo può vivere oltre la tomba. Ogni generazione che scopre qualcosa dalla sua esperienza deve trasmetterla, ma deve trasmetterla con un delicato equilibrio di rispetto e mancanza di rispetto, così che la specie umana (consapevole della malattia alla quale è soggetta) non infligga troppo duramente i suoi errori ai giovani, ma trasmetta la saggezza accumulata, oltre che quella saggezza che potrebbe non essere saggezza.

È necessario insegnare sia ad accettare che a rifiutare il passato, in una sorta di gioco di equilibrio che richiede una notevole abilità. Solo la scienza, tra tutte le discipline, include come parte integrante la lezione di quanto sia pericoloso cre-

dere nell'infallibilità dei più grandi maestri delle generazioni precedenti.

Quindi continuate.

Grazie.

Capitolo 3

Due brani di Gamow

George Gamow è tra i miei eroi scientifici e forse il mio divulgatore preferito. Presento qui due piccolissimi brani dalla sua autobiografia, che ne mostrano l'impegno civile; ma quel libro (e tutti gli altri) merita di essere letto per intero, e il lettore italiano lo può trovare tradotto [5].

NdR: Il testo originale su cui mi sono basato è in [6]; la traduzione di uno dei due brani è quella mostrata in [7]; l'altra invece è nuova. La divisione in sezioni e la scelta dei loro nomi non fanno parte del testo originale e sono state aggiunte per semplice comodità di consultazione.

3.1 L'atmosfera culturale durante lo stalinismo

Molta attenzione era dedicata al mantenimento di una corretta "ideologia marxista" da parte degli scienziati russi, ma anche di romanzieri, poeti, compositori e artisti russi.

La scienza era sottoposta alla filosofia statale ufficiale del materialismo dialettico, utilizzata da Marx, Engels e Lenin nei loro scritti sui problemi sociologici.

Ogni deviazione dalla corretta (per definizione) ideologia dialettico-materialistica era considerata una minaccia per la classe operaia e veniva severamente repressa e punita.

Con pochissime eccezioni, i filosofi non conoscono molto la scienza e non la comprendono, il che è del tutto naturale, siccome la scienza si trova al di là dei confini di materie filosofiche tipiche come l'etica, l'estetica e la gnoseologia.

Ma mentre nei paesi liberi i filosofi sono abbastanza innocui, nei paesi dittatoriali costituiscono un grande pericolo per lo sviluppo della scienza.

In Russia, i filosofi statali sono allevati nell'Accademia Comunista di Mosca e sono collocati in tutti gli istituti di istruzione e di ricerca per evitare che i professori e i ricercatori cadano in eresie idealistiche e capitalistiche.

I filosofi statali hanno di solito familiarità con l'argomento dell'istituto di ricerca che sono incaricati di supervisionare, essendo o ex insegnanti di scuola o avendo frequentato in ac-

cademia un corso di un semestre sull'argomento in questione.

Ma il loro potere sopravanza quello dei direttori scientifici dell'istituzione e possono porre il veto a qualsiasi progetto di ricerca sulla pubblicazione che si discosti dall'ideologia corretta.

Un esempio notevole di dittatura filosofica sulla scienza russa è stato il divieto di insegnare la teoria della relatività di Einstein, in quanto essa nega l'esistenza dell'*etere del mondo*, "la cui esistenza deriva direttamente dalla filosofia del materialismo dialettico."

È interessante notare che l'esistenza dell'*etere del mondo* fu messa in dubbio, molto prima di Einstein, da Engels, che in una delle sue lettere ad un amico scriveva "...l'etere del mondo, se esiste".

3.2 Divulgazione, storia, ironia

Parlai in un grande auditorium del centro Medico di Denver, il posto era pieno di uomini e donne in camice di laboratorio. Dopo aver discusso le vecchie e ormai desuete opinioni di Bohr, per il quale deve esistere una relazione di incertezza tra la conoscenza intena della struttura di una cellula e la vita stessa, e le idee di Schrödinger (che vanno per la maggiore) sulla necessità di apportare "entropia negativa" per la continuazione della vita, dissi agli astanti:

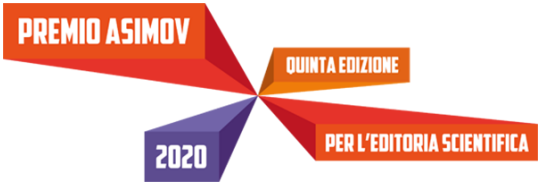
> "In conclusione dovrei dire alcune parole sul conflitto in corso nel campo della genetica. Mentre i paesi dell'Europa occidentale e gli Stati uniti continuano ad indugiare sulla vecchia teoria di Mendel dell'eredità cromosomica, nuove idee rivoluzionarie sono generate dal rinomato scienziato sovietico dell'agricoltura il compagno Lysenko. In ossequio a queste nuove e vigorose idee, le vecchie teorie, che pretendono che le mutazioni dei cromosomi siano causati dai processi ereditari, sono completamente sbagliate. Il compagno Lysenko insiste che tutti i cambiamenti negli individui viventi sono causati dall'ambiente e si propagano via via nelle successive generazioni."

A questo punto del mio discorso, diedi un occhiata ai presenti e ne fui terrificato. Tutti mi guardavano gli occhi carichi di disgusto (e in qualche caso di compassione), ed ebbi paura che da un istante all'altro potessi diventare bersaglio di pomodori

e uova marce. Così continuai

> "È naturalmente vero che in diversi casi il figlio della signora Rossi somigli a suo marito Mario, in accordo con le idee di Mendel. Però, in altri casi, capita altrettanto spesso che il bambino sia identico ad Antonio Bianchi, l'idraulico, ed ecco un chiaro caso del fenomeno ambientale spiegato dal compagno Lysenko."

A dirla tutta, non mi fu possibile finire la frase a causa dell'applauso scrosciante del pubblico.



Ringraziamenti

Grazie agli amici e ai colleghi dell'INFN per avere concesso ospitalità a questo secondo quaderno sul sito di comunicazione scientifica *ScienzaPerTutti* (SxT)

http://scienzapertutti.infn.it/

Ringrazio in modo speciale a Pasquale Di Nezza, sempre molto sensibile e attento alle tematiche della cultura scientifica.

Vorrei poi esprimere la mia gratitudine ai membri della commissione scientifica del premio Asimov per innumerevoli discussioni, che mi incoraggiano a intraprendere nuovi progetti, a volte un po' folli ma sempre stimolanti.
Il grazie più grande va agli insegnanti che lavorano in questa commissione, e che svolgono il loro lavoro con passione e con coraggio, come tanti altri insegnanti che ho avuto la fortuna di conoscere da ragazzo: dedico questo quaderno proprio a loro.

Riferimenti bibliografici

[1] *What Life Means To Einstein,* An interview to George Sylvester Viereck, The Saturday Evening Post (1929)
http://www.saturdayeveningpost.com/wp-content/uploads/satevepost/what_life_means_to_einstein.pdf

[2] *La guerra di Einstein. La nascita dell'idea che ha cambiato il mondo,* di Matthew Stanley. Newton Compton (2019)

[3] Trascrizione del discorso di Feynman http://www.fotuva.org/feynman/what_is_science.html

[4] Traduzione in italiano basata sulla versione pubblicata tratta in
https://www.linkedin.com/pulse/cosè-la-scienza-di-richard-feynman-francesco-vissani/

[5] *Biografia della fisica,* di George Gamow. Collana Oscar saggi, Mondadori (1998)

[6] Tratto da George Gamow, *My World Line: An Informal Autobiography* Viking (1970)
https://www.amazon.com/My-World-Line-Informal-Autobiography/dp/0670503762

[7] Traduzione in italiano tratta da
https://www.linkedin.com/pulse/relationship-between-science-philosophy-during-francesco-vissani-phd/

Indice delle persone

Bach, Johann Sebastian, 16
Bacon, Francis, 37
Beethoven, Ludwig van, 16
Bonaparte, Napoleone, 6
Briand, Aristide, 12

Chesterton, Gilbert, 28
Clemenceau, Georges, 7
Copernico, Niccolò, 6

DeRose, James, 35, 38
Di Nezza, Pasquale, 70

Eddington, Arthur S, 18
Einstein, Albert, 1, 4–19, 22–24, 26, 29, 32, 33, 67
Einstein, Elsa, 11, 32, 33
Eldridge, Paul, 30
Engels, Friedrich, 66, 67
Euclide di Alessandria, 7, 10

Faraday, Michael, 14
Feynman, Melville, 39, 40, 42, 44, 45, 50, 52, 54, 56
Feynman, Richard

Phillips, 1, 34, 35
Foch, Ferdinand, 7
Ford, Henry, 23, 31
Freud, Sigmund S, 24, 25

Galilei, Galileo, 6, 17
Gamow, George, 1, 65
Gesù di Nazareth, 28
Gumpertz, Hermine, 11

Harvey, William, 37
Hauptmann, Gerhart, 16
Heisenberg, Werner K, 18
Hitler, Adolf, 1
Huneker, James, 12

Lavery, John, 11
Lenin, VI Ul'janov, 66
Lewisohn, Ludwig, 28
Ludendorff, Erich, 7
Ludwig, Emil, 27
Lysenko, Trofim D, 68, 69

Marić, Mileva, 11
Marx, Karl H, 66
Maxwell, James C, 14
Mendel, Gregor J, 68, 69
Moszkowski, Alexander, 12
Mozart, Wolfgang Amadeus, 16
Mussolini, Benito AA, 6, 26

Newton, Isaac, 6, 14, 18
Niels HD Bohr, 68
Nietzsche, Friedrich W, 26

Phillips, Lucille, 39
Planck, Max, 18

Riemann, Bernhard, 10

Schopenhauer, Arthur, 22, 25

Schrödinger, Erwin, 7, 16, 18, 68
Schönberg, Arnold, 16
Socrate, 23
Strauss, Richard, 16

Tommaso d'Aquino, 28

Viereck, George S, 4
Visconti, Guido, 34
von Bismarck, Otto EL, 22
von Hindenburg, Paul LHA, 16

Wagner, Richard, 16
Wilson, Woodrow, 7, 20

Quaderni di cultura scientifica

Vol.1, NOV.2019: *Benedetto Croce, la scienza e la scuola*

Vol.2, DIC.2019: *La parola ai premi Nobel: Einstein, Feynman, Gamow*

Vol.3, GEN.2020: *Buon compleanno, Isaac Asimov!*

Vol.4, APR.2020: *La formula più bella (e cosa c'è dietro)*

L'autore, Francesco Vissani, è un fisico in forza ai laboratori nazionali del Gran Sasso da 20 anni, dove si occupa di particelle elementari, specie di neutrini, e del loro ruolo in fisica ed astrofisica.

Ha studiato al Liceo scientifico Galileo Galilei di Macerata (sua città natale), poi si è laureato in fisica all'università di Pisa ed ha infine ottenuto il MSc ed il PhD in fisica teorica presso la SISSA di Trieste.

Ha insegnato a L'Aquila, a Milano, a Catania e a Campinas. Ha lavorato come coordinatore del PhD in fisica astroparticellare al GSSI contribuendo alla sua impostazione.

È un fortissimo sostenitore dell'importanza della cultura e della divulgazione scientifica, ambiti a cui ha contribuito creando il Premio ASIMOV, giunto in Italia alla quinta edizione.

Ha moltissimi amici, una moglie, una figlia e due cani pechinesi.

Pur essendo un lettore quasi onnivoro e alla ricerca di nuove esperienze intellettuali, è ancora un po' sorpreso di essersi infilato nell'avventura dei Quaderni di Cultura Scientifica ma è abbastanza vecchio da capire che *nella vita non si può mai dire.*

L'immaginazione è più importante della conoscenza (Einstein)
La scienza è credere nell'ignoranza degli esperti (Feynman)
Un notevole esempio di dittatura filosofica sulla scienza (Gamow)

Quaderni di Cultura Scientifica